

**ANALISIS KOORDINASI *OVERCURRENT RELAY* MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP 12.6.0 & ISA-TDMS 6.5.1**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

GALIH DWI SUSANTO

D 400 140 022

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS KOORDINASI *OVERCURRENT RELAY* MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP 12.6.0 & ISA-TDMS 6.5.1**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

GALIH DWI SUSANTO

D 400 140 022

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

UMAR, S.T, M.T
NIK.731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KOORDINASI *OVERCURRENT RELAY* MENGGUNAKAN
*SOFTWARE ETAP 12.6.0 & ISA-TDMS 6.5.1***

OLEH


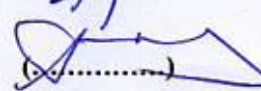

GALIH DWI SUSANTO

D 400 140 022

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 11 Januari 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Umar, S.T, M.T**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Ir. Jatmiko, S.T, M.T**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Agus Supardi, S.T, M.T**
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunariono, M.T, Ph. D
NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 28 Desember 2017

Penulis



GALIH DWI SUSANTO

D 400 140 022

ANALISIS KOORDINASI *OVERCURRENT RELAY* MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP 12.6.0 & ISA-TDMS 6.5.1*

Abstrak

Listrik merupakan suatu kebutuhan pokok manusia di era modern. Dalam pendistribusian energi listrik dari pembangkit hingga konsumen tidak lepas dari adanya gangguan yang disebabkan oleh banyak faktor maka dibutuhkan peralatan-peralatan sistem proteksi. Salah satu peralatan sistem proteksi yang terpasang pada transformator adalah *Over Current Relay* (OCR) yaitu *relay* yang digunakan untuk mendeteksi gangguan minimum 2 fasa. *Setting relay* OCR perlu diperhatikan koordinasi waktu kerja rele terhadap besarnya arus gangguan yang diterima, bertujuan untuk melepaskan gangguan dari sistem pada daerah yang terganggu saja agar dapat selektif. Metode yang digunakan dalam melakukan *setting relay* pada gardu induk 150kV palur yaitu mencari data parameter trafo serta data *setting relay* berdasarkan panduan kesepakatan bersama pengelolaan sistem proteksi trafo-penyulang 20kV tahun 2016 pada PT PLN (Persero), kemudian disimulasikan menggunakan *software ETAP 12.6.0 & ISA TDMS 6.5.1* dengan tujuan untuk mengetahui koordinasi waktu kerja antara sisi penyulang 20kV, *incoming* 20kV, maupun sisi 150kV. Hasil simulasi yang didapatkan yaitu ketika terjadi gangguan pada penyulang sebesar 2396A *relay* bekerja dengan waktu 1,18s pada penyulang 20kV, sedangkan pada *incoming* 20kV waktu kerja *relay* 12,4s, dan pada sisi 150kV *relay* bekerja dengan waktu 17,2s.

Kata Kunci: ETAP 12.6.0, ISA-TDMS 6.5.1, Koordinasi, Gardu Induk, *Relay* Arus Lebih

Abstract

Electricity is a basic human need in modern era. In the distribution of electrical energy from the power plant is inseparable from the existence of disturbances caused by many factors then required protection system equipment. One of the protection system equipment installed on the transformer is the Over Current Relay (OCR) which is the relay used for the upper 2 phase minimum disturbance. OCR relay settings need to be considered the time required, so as not to be disturbed from the system in the disturbed area just to be selective. The method used in setting relay at 150kV substation is to find transformer parameter data and relay data arrangement based on system guide along with 20kV 20kV transformer protection in 2016 at PT PLN (Persero), then simulated using ETAP 12.6.0 & ISA TDMS 6.5.1 to know the coordination of working time between the 20kV feeder side, 20kV entry, or 150kV side. The result of the simulation that happened when the disturbance occurred on the repeater of 2396A rele worked with time 1.18s on 20kV repeater, while at incoming 20kV working time of 12.4s relay, and at 150kV side relay work with time 17.2s.

Keywords: ETAP 12.6.0, ISA-TDMS 6.5.1, Coordinate, Substation, Overcurrent Relay

1. PENDAHULUAN

Sistem proteksi merupakan suatu sistem yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik, karena sistem tenaga listrik tidak bisa lepas dari adanya gangguan. Jenis gangguan sendiri yaitu karena adanya arus hubung singkat yang menyebabkan arus yang mengalir cukup besar dan gangguan karena putusnya penghantar. Dilihat dari akibat yang ditimbulkannya adanya suatu gangguan, hubung singkat memerlukan perhatian yang jauh lebih besar daripada rangkaian terbuka (stevenson, 1993). Sehingga dalam menghilangkan gangguan hubung singkat yang cepat serta dapat selektif dalam melepaskan gangguan dalam sistem tenaga listrik diperlukan kerja yang benar dalam sistem perlindungannya. Terdapat banyak jenis *relay* proteksi didalam sistem tenaga listrik, sehingga dalam kerjanya *relay* proteksi perlu dikoordinasikan dengan baik antara *relay* satu dengan yang lainnya agar kehandalan sistem tetap terjamin. Bagian terpenting dalam mendesain perlindungan perlu dipertimbangkan seperti jenis *relay*, ukuran pemutus arus, dan sekering (Zellagui, dkk., 2015). Misalkan pada transformator terdapat proteksi cadangan yaitu *relay* arus lebih dengan waktu bertingkat dan proteksi utama yaitu *relay* differensial. *Relay* proteksi utama harus beroperasi di dalam periode waktu yang telah ditentukan, jika terjadi kegagalan *relay* primer, *relay* berikutnya disebut *back-up* perlindungan harus bereaksi setelah penundaan yang ditentukan (choden, dkk., 2017). Jika gangguan tidak lepas pada waktunya, hal tersebut menyebabkan hilangnya stabilitas, kerusakan peralatan sistem dan pemadaman listrik jaringan (Kheirollahi., Namdari., 2014).

Badan usaha milik Negara Indonesia yaitu PT PLN (Persero) terus berupaya menyediakan energi listrik yang handal dan berkualitas maka diperlukan pemeliharaan peralatan sistem. Peralatan dari sistem tenaga listrik sebagian besar memerlukan pembebasan tegangan yang berarti bahwa peralatan yang dipelihara harus dikeluarkan dari operasi, sehingga dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan penyediaan daya dari sistem tenaga listrik (D. Marsudi, 2015). Oleh karena itu, perlu dikoordinir jadwal pemeliharaan sistem tenaga listrik satu daerah dengan daerah yang lainnya sesuai jadwal. Pemeliharaan pada gardu induk 150 kV palur *basecamp* jajar dilakukan tiap 2 tahun oleh PT PLN (Persero) agar dapat dipertahankan keandalan sistem.

Berdasarkan uraian diatas, tugas akhir ini melakukan analisa koordinasi dari nilai *setting overcurrent relay* dengan data *setting relay* pada gardu induk 150 kV palur tersebut. *Overcurrent Relay* adalah *relay* proteksi dimana *relay* bekerja saat besarnya arus melebihi tingkat *pick up* (uma, onwuka, 2014). Tujuan analisa ini adalah untuk mendapatkan waktu seberapa cepat kerja *relay* tersebut ketika mendapatkan besarnya arus gangguan yang ia terima melebihi *setting relay* menggunakan simulasi ETAP 12.6.0 dan ISA-TDMS 6.5.1 dan sebagai dasar pengetahuan untuk pengujian kualitas kerja dari perangkat *relay* tersebut.

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

Penyusunan tugas akhir ini didasarkan pada beberapa metode sebagai berikut:

1) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai dasar teori dalam melakukan penelitian berdasarkan tentang tema yang diambil. Studi literatur yang digunakan meliputi buku, artikel, serta naskah publikasi yang berhubungan dengan tema sebagai bahan referensi analisa.

2) Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di PT PLN (Persero) *BASECAMP* JAJAR, SURAKARTA untuk dijadikan sebagai bahan analisa pada penulisan tugas akhir ini.

3) Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai *setting relay* berdasarkan data yang diperoleh untuk mengetahui waktu kerja terhadap arus gangguan yang dirasakan oleh *relay*. Menggunakan *software* ISA-TDMS 6.5.1 & *software* ETAP 12.6.0.

4) Analisa Data

Data-data yang diperoleh berdasarkan simulasi ETAP 12.6.0 maupun pengujian dengan *software* ISA-TDMS 6.5.2 kemudian dianalisa dengan perhitungan dan analisa koordinasi *relay* penyulang 20kV, *incoming* 20kV dan sisi 150kV.

5) Penyusunan Laporan

Pembuatan laporan sebagai dokumen hasil penelitian yang telah dilakukan.

2.2 Peralatan Pendukung Penelitian

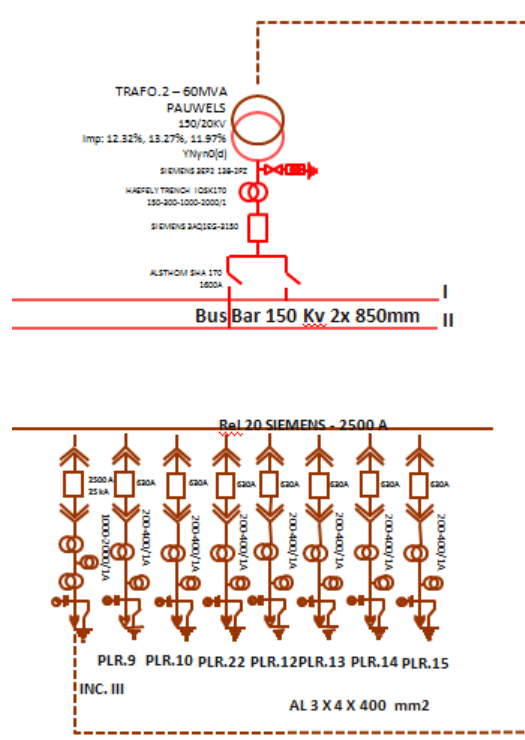
Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1) Laptop

2) *Software* ISA-TDMS (*Test and Data Management System*) digunakan untuk mendapatkan hasil waktu kerja *overcurrent relay* terhadap arus gangguan yang diterima dengan nilai arus *setting* dan waktu *setting* ocr yang telah ditentukan.

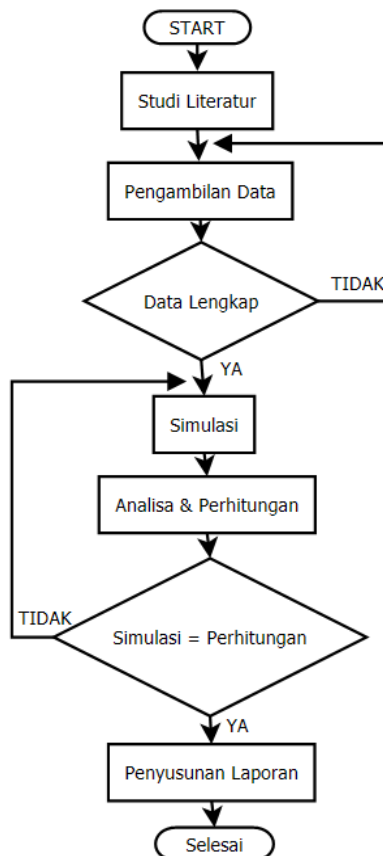
3) *Software* ETAP 12.6.0 digunakan untuk simulasi koordinasi kerja *relay* OCR dan PMT pada sisi penyulang 20 kV, *incoming* 20 kV, dan sisi 150 kV.

2.3 Gambar *Single Line* Trafo III 60 MVA Palur



Gambar 1. *Single Line Diagram* Gardu Induk 150 kV Palur Trafo III

2.4 Diagram Alir Penelitian

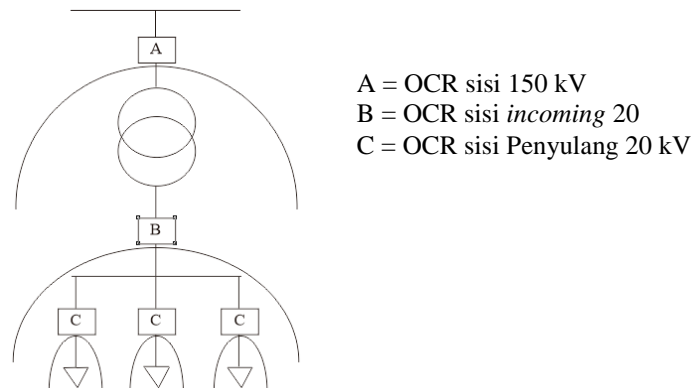


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem Kerja Relay

Relay arus lebih berfungsi sebagai *relay* cadangan untuk mengamankan trafo dari kerusakan akibat gangguan luar. Karena gangguan luar tidak dapat diisolasi oleh proteksi utama maka perlu dipasang *relay* lain jika dibiarkan akan berakibat beban lebih pada trafo yang akan menyebabkan pemanasan berlebih (*overheating*) sehingga digunakan *over current relay*. Berikut adalah skema koordinasi *relay* arus lebih dengan waktu tunda :



Gambar 3. Daerah Pengaman OCR

Gambar diatas adalah skema area pengaman oleh *relay* arus lebih, dalam pengaturan *relay* tersebut perlu diperhatikan arus dan waktu kerjanya. *Relay* pada sisi penyulang harus bekerja lebih cepat daripada sisi *incoming* sedangkan sisi *incoming* harus lebih cepat daripada sisi 150 kV. Berdasarkan data PT PLN (Persero) terdapat kesepakatan bersama dari direksi tentang *setting* waktu kerja *relay* yaitu untuk sisi penyulang 0,5s, sisi *incoming* 20 kV 1s, sisi 150 kV 1,5s.

3.2 Data Diambil Dari PT PLN (Persero) Trans-JBT Gardu Induk 150 kV Palur Pada Trafo 3

Kapasitas : 60 MVA
XT : 12,32 %
Jenis *Relay* : Areva Micom P122
Kurva : *Standard Inverse*

Tabel 1. Data *Setting* OCR Trafo 3 60 MVA Palur

No	Keterangan	150 kV	<i>Incoming</i> 20 Kv	Penyulang 20 Kv
1	Arus <i>Setting</i> Relay	$0,92 \cdot I_n \text{ Relay}$	$0,832 \cdot I_n \text{ Relay}$	$0,6 \cdot I_n \text{ Relay}$
1	<i>Time Multiple Setting</i>	0,36 s	0,25 s	0,275
2	Trafo CT	300/1	2500/1	800/5
3	Arus nominal Relay	1 A	1 A	5 A
4	Arus <i>Highsetting 1</i>	$10 \cdot I_n$	$2,75 \cdot I_n$	$4,3 \cdot I_n$

5	<i>Time Highsetting 1</i>	0.00 s	0,6s	0,3s
6	K faktor	0,14	0,14	0,14
7	α faktor	0,02	0,02	0,02

Berdasarkan data yang diketahui maka didapatkan hasil analisa perhitungan sebagai berikut:

Arus Nominal Trafo :

$$I_n \text{ Trafo} = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \quad \text{Ket:} \quad (1)$$

I_n = Arus Nominal Trafo

$$I_n \text{ Trafo } 150 \text{ kV} = \frac{60000}{\sqrt{3} * 150} = 230,9 \text{ A}$$

Berdasarkan data diatas Arus *Setting Relay* sebagai contoh arus setting pada Penyulang

$$I_{\text{set}} = \frac{120\% * I_n}{\text{Rasio CT}} \quad \text{Ket:} \quad (2)$$

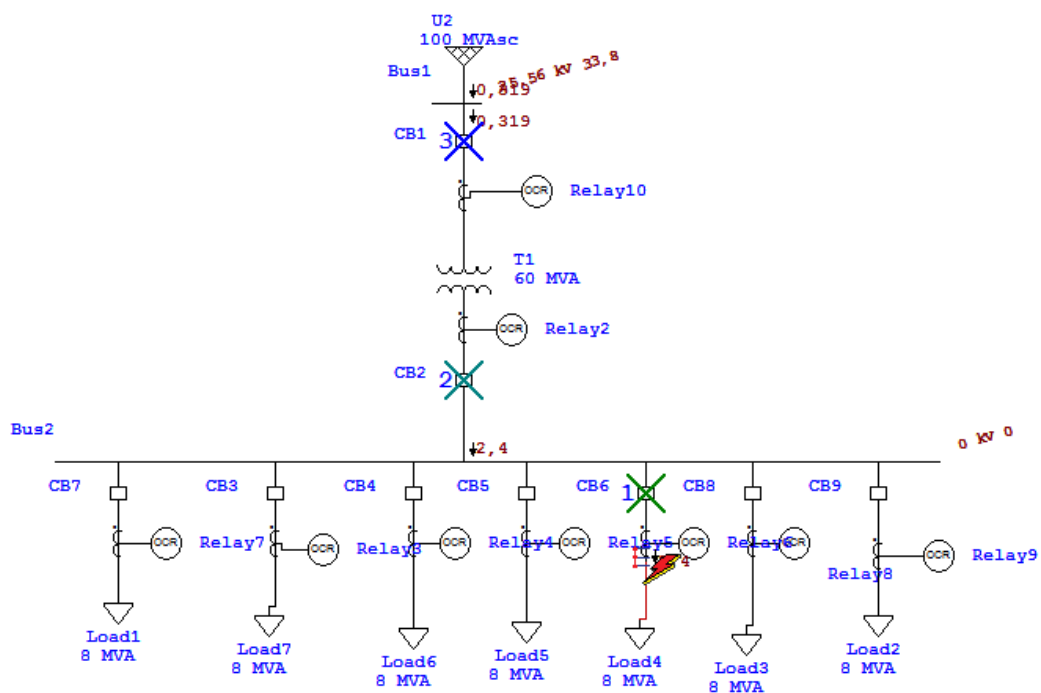
I_{set} = Arus *setting* pada OCR

$$I_{\text{set}} = \frac{120\% * 230,9}{300/1} = 0,92 \text{ A (sekunder CT)}$$

$$I_{\text{set}} = 0,92 * 300 = 276 \text{ A (primer CT)}$$

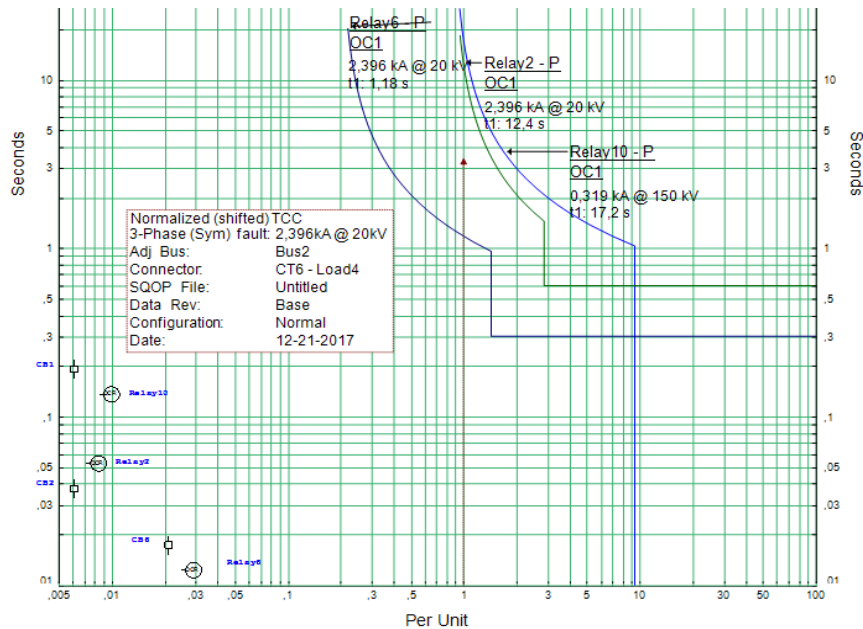
3.3 Analisa Kerja Relay

3.3.1 Simulasi Menggunakan ETAP 12.6.0



Gambar 4. Simulasi Koordinasi Proteksi OCR *software ETAP 12.6.0*

Simulasi koordinasi *Over Current Relay* menggunakan *software ETAP 12.6.0* pada gambar diatas dengan memasukkan nilai-nilai *setting* OCR baik arus *setting* maupun *time multiple setting* serta trafo CT masing-masing OCR sisi penyulang, *incoming* 20 kV, maupun sisi 150 kV untuk memproteksi sistem tenaga listrik tersebut. Maka berdasarkan simulasi tersebut dihasilkan koordinasi proteksi dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik kerja OCR terhadap arus gangguan pada penyulang

Grafik diatas menunjukkan terjadi gangguan pada sisi penyulang sebesar 2,396 kA, maka *relay* akan bekerja dengan waktu 1,18s. Apabila penyulang terjadi kegagalan kerja, maka sisi *incoming* akan bekerja ketika arus 2,396 kA dengan waktu 12,4s. Sedangkan sisi *incoming* mengalami kegagalan kerja maka sisi 150 kV akan bekerja dengan arus 0,319 kA dengan waktu 17,2s. Analisa perhitungan sebagai contoh pada sisi 150 kV, pada simulasi ETAP 12.6.0 gangguan yang terjadi pada sisi penyulang 2396 A.

Maka besarnya gangguan pada sisi 150 kV :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (3)$$

$$\frac{150}{20} = \frac{2.396}{I_p} \quad I_p = 0,319$$

Ket:

V_p = Tegangan primer Trafo

V_s = Tegangan Sekunder Trafo

I_p = Arus primer Trafo

I_s = Arus Sekunder Trafo

Waktu Kerja *Relay* 150 kV :

$$t = \frac{0,14}{(I_f/I_s)^{0,02} - 1} \times TMS \quad (Standard\ Invers) \quad (4)$$

$$t = \frac{0,14}{(319/276)^{0,02} - 1} \times 0,36$$

$$t = 17,3 \text{ s}$$

Ket:

t = Waktu kerja *relay* (s)

TMS = Waktu *setting relay* OCR (s)

I_f = Arus gangguan (A)

I_s = Arus *Setting* OCR (A)

3.3.2 Simulasi menggunakan ISA-TDMS 6.5.1

Tabel 2. Hasil Percobaan pada ISA-TDMS 6.5.1

No	Penyulang 20 kV			<i>Incoming</i> 20 Kv			150 kV		
	Ir (A)	If (A)	T (s)	Ir (A)	If (A)	T (s)	Ir (A)	If (A)	T (s)
1	3	480	23,2	0,924	2310	16,67	0,94	282	117,2
2	3,5	560	12,4	1,024	2560	8,411	1,04	312	20,53
3	4	640	6,67	1,124	2810	5,8	1,14	342	11,73
4	4,5	720	4,72	1,224	3060	4,516	1,24	372	8,417
5	5	800	3,74	1,324	3310	3,749	1,34	402	6,676
6	5,5	880	3,15	1,424	3560	3,239	1,44	432	5,6
7	6	960	2,75	1,524	3810	2,874	1,54	462	4,866
8	7	1120	2,25	1,624	4060	2,599	1,64	492	4,334
9	8	1280	1,94	1,724	4310	2,385	1,74	522	3,929
10	9	1440	1,73	1,824	4560	2,212	1,84	552	3,61
11	10	1600	1,58	1,924	4810	2,07	1,94	582	3,353
12	11	1760	1,46	2,024	5060	1,951	2,04	612	3,139
13	12	1920	1,36	2,124	5310	1,85	2,14	642	2,96
14	13	2080	1,29	2,224	5560	1,762	2,24	672	2,807
15	14	2240	1,23	2,324	5810	1,686	2,34	702	2,674
16	14,5	2320	1,20	2,424	6060	1,619	2,44	732	2,558
17	15	2400	1,17	2,524	6310	1,559	2,54	762	2,456
18	16	2560	1,13	2,624	6560	1,506	2,64	792	2,365

19	17	2720	1,09	2,724	6810	1,458	2,74	822	2,284
20	17,5	2800	1,07	2,824	7060	0,6	2,84	852	0,001
21	18	2880	1,05	2,924	7310	0,6	2,94	882	0,001
22	18,5	2960	1,04	3,024	7560	0,6	3,04	912	0,001
23	19	3040	1,02	3,124	7810	0,6	3,14	942	0,001
24	19,5	3120	1,01	3,224	8060	0,6	3,24	972	0,001
25	20	3200	0,99	3,324	8310	0,6	3,34	1002	0,001
26	20,5	3280	0,98	3,424	8560	0,6	3,44	1032	0,001
27	21	3360	0,97	3,524	8810	0,4	3,54	1062	0,001
28	21,5	3440	0,3	3,624	9060	0,4	3,64	1092	0,001

Berdasarkan hasil simulasi *software* ISA TDMS versi 6.5.1 didapatkan nilai waktu kerja dan arus yang dibaca *relay* pada sisi penyulang 20 kV yaitu 3A dengan waktu 23,2 s (pada gangguan 480 A) dan *setting highset (setting definite time)* aktif ketika *relay* membaca arus sebesar 21,5 A (pada gangguan 3440 A) maka *relay* akan bekerja seketika dengan waktu 0,3s. Sedangkan pada sisi *incoming* 20 kV, arus yang dibaca *relay* 0,924 A (pada gangguan 2310 A) dengan waktu 16,67 s dan *setting highset 1 (setting definite time)* aktif ketika *relay* membaca arus sebesar 2,824 A (pada gangguan 7060 A) maka *relay* akan bekerja seketika dengan waktu 0,6 s, sedangkan *highsett 2 (setting definite time)* aktif ketika *relay* membaca arus sebesar 3,524 A (pada gangguan 8810 A) maka *relay* akan bekerja seketika dengan waktu 0,4 s. Kemudian pada sisi 150 kV, arus yang dibaca *relay* 0,94 A (pada gangguan 282 A) dengan waktu 117,2 s dan *setting highset 1 (setting definite time)* aktif ketika *relay* membaca arus sebesar 2,84 A (pada gangguan 852 A) maka *relay* akan bekerja seketika dengan waktu 0,001s.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dengan pengambilan data pada gardu induk 150 kV palur yaitu :

- 1) Koordinasi waktu kerja *relay* menggunakan metode grafik *standard inverse* serta *definite time*.
- 2) *Definite time* digunakan untuk *setting highsett 1* dan *setting highsett 2*. *Setting highsett 1* maupun *highsett 2* melihat aspek ketahanan trafo pemutusan gangguan harus dipercepat. Berdasarkan buku pedoman kesepakatan bersama pengelolaan sistem proteksi trafo-penyulang 20 kV milik PT PLN (Persero) disepakati parameter *setting highsett 1 incoming* $4 \cdot I_n$ dengan waktu 0,6s, *highsett 2 incoming* $5 \cdot I_n$ dengan waktu 0,4s. Pada penyulang *highsett 1* $2 \cdot I_n$ trafo (60 MVA) dengan waktu 0,3s dan *highsett 2* $4,8 \cdot I_n$ dengan waktu 0s.

- 3) Hasil simulasi tersebut dapat digunakan untuk membandingkan dengan pengujian fisik dari *relay* OCR apakah masih bagus atau perlu ada penggantian *relay* OCR yang baru.

PERSANTUNAN

Syukur alhamdulillah senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Salawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada kepada nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya serta penegak sunnah-Nya sampai kelak akhir zaman. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini terutama kepada kedua orang tua selalu mendo'akan dan memberi motivasi, dan bapak Umar, S.T, M.T selaku pembimbing tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Abdul Rahman B, dan mas Ari selaku pembimbing kerja praktek serta teman kelompok kerja praktek antara lain Dyah Sekar Arum & Muhammad Ardan Ramadhani di PT PLN(Persero) Trans-JBT APP Salatiga Basecamp Surakarta, serta teman-teman angkatan 2014 teknik elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dan penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Intan Meidy Astuti yang selalu memotivasi, mendukung serta membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Marsudi, Djiteng. 2015. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Artono Arismunandar, Sususmu Kuwahara. 1993. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- William D. Stevenson, Kamal Idris. 1993. *Analisis Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- PT PLN. 2016. *Kesepakatan Bersama Pengelolaan Sistem Proteksi Trafo-Penyulang 20kV*. Jawa Tengah: PT PLN.
- Karyana. 2013. *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali*. Jakarta: PT PLN.
- Choden, Rinzin., Sither, Tshewang., Namgyel, Tashi. 2017. *Overcurrent Relay Coordination In Distribution System (A Case Study On Phuentsholing Low Voltage Distribution Network)*. Puentsholing: College Of Science And Technology.
- Kheirollahi, Reza., Namdari, Farhad. 2014. *Optimal Coordination of Overcurrent Relays Based on Modified Bat Optimization Algorithm*. Lorestan: Lorestan University.
- Zellagui, Mohamed., Benabid, Rabah., dkk. 2015. *Optimal Overcurrent Relays Coordination in the Presence Multi TCSC on Power Systems Using BBO Algorithm*. Algeria: MECS.

Uma, Uma U., Onwuka, I.K. 2014. *Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substation Relay Coordination*. Nigeria: IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)